

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2001-272453**

(43)Date of publication of application : **05.10.2001**

(51)Int.Cl.

G01S 5/14  
H04B 1/10  
H04B 1/707  
H04L 27/38  
H04L 27/227

(21)Application number : **2000-087744**

(71)Applicant : **MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD**

(22)Date of filing : **28.03.2000**

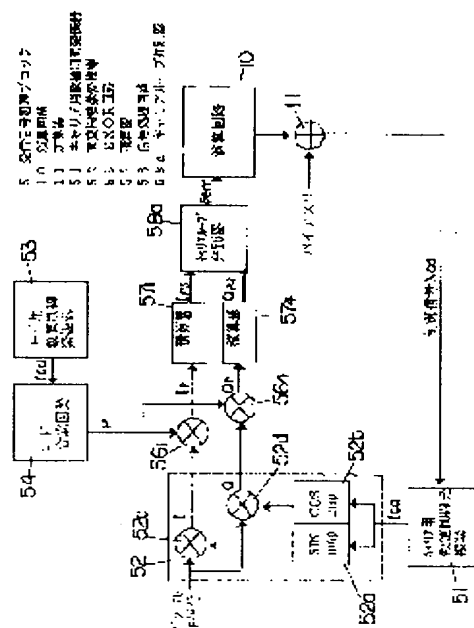
(72)Inventor : **YAMAMOTO YASUKO  
SUGINO SATOSHI  
KAMIYANAGI HIDEKI  
HYODO SATOSHI**

## (54) DEMODULATING METHOD FOR GPS SIGNAL AND GPS RECEIVING DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a demodulating method for a GPS signal and a GPS receiving device which can follow up even large variation of the carrier frequency of a receive signal with simple constitution.

**SOLUTION:** The device is equipped with an arithmetic circuit 10 which computes by a carrier loop discriminator 58a the phase difference  $\theta_{err}$  between an in-phase signal and an orthogonal signal QPS integrated by integrators 571 and 574 for a certain time after code components are removed and determines a control signal Nca for controlling a carrier numeric control oscillator 51 by detecting the frequency shift of a replica carrier fca from the tilt (differential value)  $d\theta_{err}/dt$  of the phase difference  $\theta_{err}$ . Large variation in carrier frequency due to fluctuations, etc., of a reference frequency can be followed up by not only adjusting the frequency by detecting the phase difference, but also monitoring the frequency shift as well as the phase difference and a carrier loop is prevented from being unlocked. Further, the arithmetic circuit 10 is only added to conventional constitution.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-272453  
(P2001-272453A)

(43) 公開日 平成13年10月5日 (2001.10.5)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 1 S 5/14		G 0 1 S 5/14	5 J 0 6 2
H 0 4 B 1/10		H 0 4 B 1/10	L 5 K 0 0 4
1/707		H 0 4 J 13/00	D 5 K 0 2 2
H 0 4 L 27/38		H 0 4 L 27/00	H 5 K 0 5 2
27/227		27/22	B
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-87744(P2000-87744)

(22) 出願日 平成12年3月28日 (2000.3.28)

(71) 出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72) 発明者 山本 泰子

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72) 発明者 杉野 聡

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(74) 代理人 100087767

弁理士 西川 恵清 (外1名)

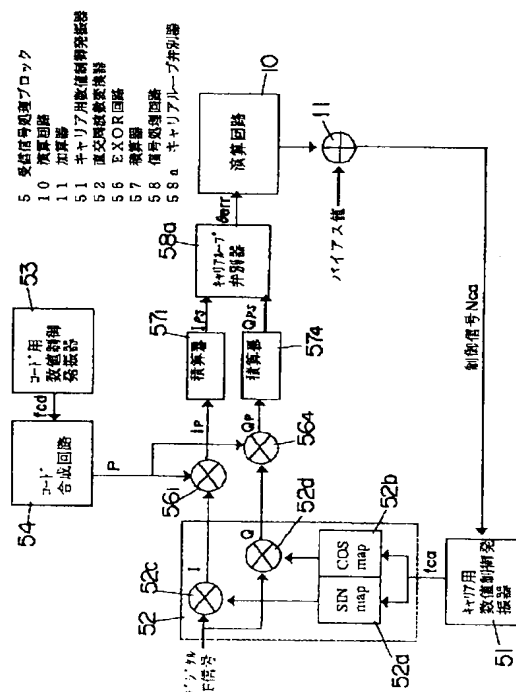
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 GPS信号の復調方法並びにGPS受信装置

(57) 【要約】

【課題】簡単な構成で受信信号のキャリア周波数の大きな変化にも追従可能なGPS信号の復調方法並びにGPS受信装置を提供する。

【解決手段】コード成分が除去されて積算器57<sub>i</sub>、57<sub>q</sub>で一定時間積算された同相信号I<sub>ps</sub>並びに直交信号Q<sub>ps</sub>の位相差 $\theta_{err}$ をキャリアループ弁別器58aで算出し、この位相差 $\theta_{err}$ の傾き(微分値) $d\theta_{err}/dt$ からレプリカキャリアf<sub>ca</sub>の周波数ずれを検知してキャリア用数値制御発振器51を制御するための制御信号N<sub>ca</sub>を決定する演算回路10を備える。位相差を検知して周波数を合わせるだけでなく位相差と同時に周波数のずれを監視することにより、基準周波数の揺らぎ等で生じるキャリア周波数の大きな変化に追従でき、キャリアループのロック外れを防止することが可能となる。しかも、従来構成に対して演算回路10を追加するだけの簡単な構成で実現できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 GPS 衛星から受信した受信信号から航法データを復調する GPS 信号の復調方法であって、受信信号のキャリア成分に周波数を可変としたレプリカキャリアを同期させる際に、受信信号のキャリア成分とレプリカキャリアの周波数との位相差の傾きを所定時間毎に算出し、この傾きの絶対値を小さくするようにレプリカキャリアの周波数を可変させることを特徴とする GPS 信号の復調方法。

【請求項 2】 GPS 衛星から受信した受信信号から航法データを復調する GPS 受信装置において、アンテナで受信した GPS 信号を中間周波信号に変換する中間周波変換手段と、アナログの中間周波信号を 2 値化してデジタル中間周波信号に変換するアナログ／デジタル変換手段と、レプリカキャリアを発生するキャリア用数値制御発振器と、デジタル中間周波信号をレプリカキャリアにより同相信号並びに直交信号に直交周波数変換する直交周波数変換器と、受信信号に含まれる各 GPS 衛星に固有の疑似雑音符号に同期したコードを発生させるコード同期手段と、コード同期がとれた状態で同相信号と直交信号の単位時間毎の位相差を算出するとともに所定期間毎に位相差の傾きを算出し、位相差の傾きの絶対値を小さくするようにレプリカキャリアの周波数を変えるための制御信号を生成してキャリア用数値制御発振器を制御する制御手段とを備えたことを特徴とする GPS 受信装置。

【請求項 3】 所定時間分のデジタル中間周波信号を格納するメモリを備え、制御手段はメモリに格納されたデジタル中間周波信号のデータから制御信号を生成してなることを特徴とする請求項 2 記載の GPS 受信装置。

【請求項 4】 制御手段は、単位時間毎に算出する位相差のデータのうちの前後の位相差のデータとの変化量が所定値以上である位相差のデータを除去して傾きを算出することを特徴とする請求項 2 又は 3 記載の GPS 受信装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、GPS 信号の復調方法並びに GPS 受信装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の GPS 受信装置では、受信信号に含まれる各 GPS 衛星固有の疑似雑音符号に同期した符号（コード）を発生させてスペクトル逆拡散を行ったのち、受信信号の搬送波（キャリア）に同期したキャリアを再生して GPS 衛星からの航法データを復調する。GPS 衛星からの電波を捕捉するには、GPS 受信装置内で発生させたキャリアの複製信号（レプリカ）と目的とする GPS 衛星のコードを用いて、キャリアのレプリカの周波数とコードの位相を順次変えながら、GPS 衛星からの信号との相関の大きさを探索することにより、目

的とする GPS 衛星の電波を捕捉する。目的とする GPS 衛星の電波を一旦捕捉した後は、受信信号と GPS 受信装置内で発生させたキャリアのレプリカとの位相差を監視し、キャリア用の数値制御発振器を制御することによりキャリアの同期追跡を行う。キャリアの同期追跡は、コスタス・ループ（Costas loop）などの位相差を検知して周波数を合わせる PLL（Phase Locked Loop）が用いられ、コードの同期追跡には DLL（Delay Lock Loop）が用いられている。

【0003】 以下、図 8 及び図 9 を参照して、従来の GPS 受信装置の構成と動作について説明する。なお、図 8 は GPS 受信装置の全体ブロックを示し、図 9 は RF 回路によって受信信号を IF（中間周波数）信号に変換し、さらにその IF 信号をアナログ／デジタル変換（2 値化）した後のデジタル IF 信号を処理する、各 GPS 衛星に対応したチャンネル毎の受信信号処理ブロックを示している。また、図 10 は受信信号処理ブロックの出力に基づいてコード同期追跡並びにキャリア同期追跡を行う信号処理回路のブロック図である。

【0004】 図 8 に示すようにアンテナ 1 の受信信号は RF 回路 2 に供給され、RF 回路 2 において受信信号が中間周波（IF）信号に周波数変換（ダウンコンバート）される。すなわち、RF 回路 2 は、アンテナ 1 からの受信信号を増幅する信号増幅器 2a と、基準周波数信号を発生する基準周波数発生器 2b と、基準周波数信号に基づいて信号増幅器 2a で増幅された受信信号を IF 信号に周波数変換する周波数変換器 2c とで構成される。そして、RF 回路 2 から出力されるアナログの IF 信号はアナログ／デジタル信号変換器 3 において 2 値化されてデジタルの IF 信号に変換され、複数の GPS 衛星に対応した受信チャンネル毎に受信信号処理ブロック 5i（i = 1 ~ N）で信号処理される。なお、デジタル IF 信号は自動利得制御器 4 にも供給されており、自動利得制御器 4 ではデジタル IF 信号に応じて周波数変換器 2c における利得を適切な値に制御している。

【0005】 受信信号処理ブロック 5i は、図 9 に示すようにキャリアの複製信号（以下、「レプリカキャリア」と呼ぶ）f<sub>ca</sub>を発生するキャリア用数値制御発振器 51 と、デジタル IF 信号をレプリカキャリア f<sub>ca</sub>により互いに位相が 90° 異なる同相信号 I 並びに直交信号 Q に直交周波数変換する直交周波数変換器 52 と、クロック信号 f<sub>cd</sub>を発生するコード用数値制御発振器 53 と、クロック信号 f<sub>cd</sub>から受信しようとする GPS 衛星の疑似雑音符号と一致するコードを合成するコード合成回路 54 と、クロック信号 f<sub>cd</sub>並びにコード合成回路 54 で合成されたコードのデータが入力され、受信信号に含まれるコード成分に同期させる Prompt 信号（P 信号）、P 信号に対して 2 分の 1 チップ位相の進んだ Early 信号（E 信号）及び P 信号に対して 2 分の 1 チップ位相の遅れた Late 信号（L 信号）をそれぞれ出力する 3 ビ

ットのシフトレジスタ 55 と、P、E、L の各信号と同相信号 I 並びに直交信号 Q との排他的論理和を演算する EXOR 回路 56<sub>1</sub> ~ 56<sub>6</sub> と、各 EXOR 回路 56<sub>1</sub> ~ 56<sub>6</sub> で排他的論理和を演算することによりコード成分が除去された同相信号 I<sub>P</sub>、I<sub>E</sub>、I<sub>L</sub> 並びに直交信号 Q<sub>P</sub>、Q<sub>E</sub>、Q<sub>L</sub> を一定時間（例えば、コードの 1 周期の長さである 1 ミリ秒）だけ積算してダンプする積算器 57<sub>1</sub> ~ 57<sub>6</sub> とを備える。なお、直交周波数変換器 52 は、レプリカキャリア f<sub>ca</sub> をサイン成分（0° 位相成分）及びコサイン成分（90° 移動成分）に分離する分離回路 52a、52b と、各分離回路 52a、52b から出力されるレプリカキャリア f<sub>ca</sub> のサイン成分及びコサイン成分とデジタル IF 信号の排他的論理和を各々演算して同相信号 I 並びに直交信号 Q を得る EXOR 回路 52c、52d とで構成される。

【0006】また、信号処理回路 58 は CPU を主構成とし、各積算器 57<sub>1</sub> ~ 57<sub>6</sub> からダンプされる信号 I<sub>PS</sub>、I<sub>ES</sub>、I<sub>LS</sub> 並びに Q<sub>PS</sub>、Q<sub>ES</sub>、Q<sub>LS</sub> に基づいてコードの位相を順次変えるための制御信号 Ncd をコード用数値制御発振器 53 に出力するとともに、レプリカキャリア f<sub>ca</sub> の周波数を順次変えるための制御信号 Nca をキャリア用数値制御発振器 51 に出力するものである。更に詳しく説明すると、この信号処理回路 58 では、図 10 に示すように積算器 57<sub>1</sub>、57<sub>4</sub> から出力される信号 I<sub>PS</sub> 及び Q<sub>PS</sub> から  $(I_{PS}^2 + Q_{PS}^2)$  又は  $|I_{PS}| + |Q_{PS}|$  などの受信信号の強度を表す値並びに受信信号のキャリアとレプリカキャリア f<sub>ca</sub> との位相差がキャリアループ弁別器 58a によって求められ、求められた値にキャリアループフィルタ 58b においてループフィルタの演算が施され、その結果に基づいてレプリカキャリア f<sub>ca</sub> を受信信号のキャリアに追従させるための制御信号 Nca がキャリア用数値制御発振器 51 に出力される。同時に信号処理回路 58 では、エンベロープ検知回路 58c にて積算器 57<sub>2</sub>、57<sub>5</sub> から出力される信号 I<sub>ES</sub> 及び Q<sub>ES</sub> のエンベロープが検知され、その検知結果が積算器 58d で一定時間積算された信号 E<sub>s</sub> と、エンベロープ検知回路 58e にて積算器 57<sub>3</sub>、57<sub>6</sub> から出力される信号 I<sub>LS</sub> 及び Q<sub>LS</sub> のエンベロープが検知され、その検知結果が積算器 58f で一定時間積算された信号 L<sub>s</sub> との差分から受信信号のコード成分に対する P 信号の位相差を求める計算がコードループ弁別器 58g にて行なわれ、この位相差にコードループフィルタ 58h においてループフィルタの演算が施され、その演算結果とスケールファクタ部 58i で求められるスケールファクタに基づいて P 信号の位相を受信信号のコード成分に追従させるための制御信号 Ncd がコード用数値制御発振器 53 に出力される。

【0007】上記構成の GPS 受信装置で GPS 衛星の電波を捕捉する場合、信号処理回路 58 は、レプリカキャリア f<sub>ca</sub> の周波数とコード（P 信号）の位相を順次変

えながら、キャリアループ弁別器 58a によって求められる受信信号の強度を表す値が所定の閾値を超えたときに目的とする GPS 衛星の電波を捕捉したものとみなし、衛星電波のサーチを終了する。以降は DLL によるコードの同期追跡と、キャリアループ弁別器 52a で求められる位相誤差（レプリカキャリア f<sub>ca</sub> と受信信号のキャリアとの位相のずれ）を監視することによるコストスループでの同期追跡に移行する。

【0008】なお、信号処理回路 58 で復調された GPS 衛星の航法データから、例えば図 8 に示すようにナビゲーション信号処理回路 6 において現在位置が測位され、測位された結果（位置情報）がモニタ装置等のユーザインタフェース部 7 に表示される。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上述のように 2 つの信号の位相差を検知して両信号の周波数を合わせるキャリアループとして、よく用いられているものに上記コストスループがあるが、コストスループの弁別器では位相差しか監視していないため、例えば RF 回路 2 の基準周波数発生器 2b で生成される基準周波数のゆらぎや、受信信号が建物からの反射等で大きく変動した場合等に生じるキャリア周波数の大きな変化に追従することができない。さらに、一旦ループのロックが外れると、GPS 衛星の捕捉からやり直さなければならず、再度位置情報を計算し、ユーザに現在位置を知らせるまでに長時間を費やしてしまうという問題があった。

【0010】本発明は上記問題に鑑みて為されたものであり、その目的とするところは、簡単な構成で受信信号のキャリア周波数の大きな変化にも追従可能な GPS 信号の復調方法並びに GPS 受信装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項 1 の発明は、上記目的を達成するために、GPS 衛星から受信した受信信号から航法データを復調する GPS 信号の復調方法であって、受信信号のキャリア成分に周波数を可変としたレプリカキャリアを同期させる際に、受信信号のキャリア成分とレプリカキャリアの周波数との位相差の傾きを所定時間毎に算出し、この傾きの絶対値を小さくするようにレプリカキャリアの周波数を可変させることを特徴とし、受信信号のキャリア成分とレプリカキャリアの位相差を検知して両者の周波数を合わせるだけでなく、位相差と同時に位相差の傾きで表される周波数のずれを監視してレプリカキャリアの周波数を受信信号のキャリア成分の周波数に合わせるため、中間周波信号に変換するための基準周波数の揺らぎや、受信信号が建物からの反射等で大きく変動した場合などに生じるキャリア周波数の大きな変化に追従することができ、キャリアループのロック外れを防止することが可能となり、これにより GPS 衛星の再捕捉のために長時間を費やしてしまうという

問題を防ぐことができる。

【0012】請求項2の発明は、上記目的を達成するために、GPS衛星から受信した受信信号から航法データを復調するGPS受信装置において、アンテナで受信したGPS信号を中間周波信号に変換する中間周波変換手段と、アナログの中間周波信号を2値化してデジタル中間周波信号に変換するアナログ／デジタル変換手段と、レプリカキャリアを発生するキャリア用数値制御発振器と、デジタル中間周波信号をレプリカキャリアにより同相信号並びに直交信号に直交周波数変換する直交周波数変換器と、受信信号に含まれる各GPS衛星に固有の疑似雑音符号に同期したコードを発生させるコード同期手段と、コード同期がとれた状態で同相信号と直交信号の単位時間毎の位相差を算出するとともに所定期間毎に位相差の傾きを算出し、位相差の傾きの絶対値を小さくするようにレプリカキャリアの周波数を変えるための制御信号を生成してキャリア用数値制御発振器を制御する制御手段とを備えたことを特徴とし、受信信号のキャリア成分とレプリカキャリアの位相差を検知して両者の周波数を合わせるだけでなく、位相差と同時に位相差の傾きで表される周波数のずれを監視してレプリカキャリアの周波数を受信信号のキャリア成分の周波数に合わせるため、中間周波信号に変換するための基準周波数の揺らぎや、受信信号が建物からの反射等で大きく変動した場合などに生じるキャリア周波数の大きな変化に追従することができ、キャリアループのロック外れを防止することが可能となり、これによりGPS衛星の再捕捉のために長時間を費やしてしまうという問題を防ぐことができ、しかも、従来構成に対して僅かな回路を追加するだけの簡単な回路構成で実現できる。

【0013】請求項3の発明は、請求項2の発明において、所定時間分のデジタル中間周波信号を格納するメモリを備え、制御手段はメモリに格納されたデジタル中間周波信号のデータから制御信号を生成してなることを特徴とし、リアルタイムでレプリカキャリアの周波数と位相をデジタル中間周波信号のキャリア成分の周波数と位相に合わせ込むよりも速く、受信信号のキャリア成分との同期をとることができ、しかも、最初にメモリに格納されたデジタル中間周波信号から全ての受信信号を航法データとして復調することができ、この結果、位置情報を出力するまでの時間を短縮することが可能となる。

【0014】請求項4の発明は、請求項2又は3の発明において、制御手段は、単位時間毎に算出する位相差のデータのうちで前後の位相差のデータとの変化量が所定値以上である位相差のデータを除去して傾き及び平均値を算出することを特徴とし、適切な位相差の傾きを算出することができ、結果としてより速くキャリア同期をとることが可能となる。

【0015】

【発明の実施の形態】（実施形態1）本発明の実施形態

1における要部のブロック図を図1に示す。但し、本発明の特徴であるキャリアの同期追跡を行うための構成以外、すなわちコードの同期追跡を行うための構成等は図8～図10に示した従来例と共通であるから図示並びに説明を省略する。また、本実施形態の構成のうちで上記従来例と共通する部分には同一の符号を付して説明を省略する。

【0016】本実施形態は、コード成分が除去されて積算器57<sub>1</sub>、57<sub>4</sub>で一定時間積算された同相信号I<sub>rs</sub>並びに直交信号Q<sub>rs</sub>を図2に示すように直交座標軸上にプロットしたときの角度（同相信号I<sub>rs</sub>と直交信号Q<sub>rs</sub>の位相差） $\theta_{err}$ をキャリアループ弁別器58aで算出し、この位相差 $\theta_{err}$ の傾き（微分値） $d\theta_{err}/dt$ からレプリカキャリアf<sub>ca</sub>の周波数ずれを検知してキャリア用数値制御発振器51を制御するための制御信号N<sub>ca</sub>を決定する演算回路10を備えた点に特徴がある。なお、演算回路10は従来例における信号処理回路58を構成するCPUにて実現される。

【0017】図示しないRF回路2で受信信号の周波数を中間周波数（IF）に変換（ダウンコンバート）しアナログ／デジタル信号変換器3で2値化したデジタルIF信号と、電波を捕捉した状態でキャリア用数値制御発振器51で発生したレプリカキャリアf<sub>ca</sub>が分離回路52a、52bにより分離されたレプリカキャリアf<sub>ca</sub>のサイン成分及びコサイン成分に対して、EXOR回路52c、52dにて排他的論理和の演算が施され、デジタルIF信号が同相信号I並びに直交信号Qに直交周波数変換される。このとき、レプリカキャリアf<sub>ca</sub>とデジタルIF信号のキャリア成分との周波数及び位相が完全に一致していればデジタルIF信号からキャリア成分が取り除かれるが、GPS衛星からの電波を捕捉した段階ではキャリア同期がとれていないためにキャリア成分が除去できていない。

【0018】そして、EXOR回路56<sub>1</sub>、56<sub>4</sub>において、コード成分に同期させるためのP信号と同相信号I並びに直交信号Qとの排他的論理和を演算することによりコード成分が除去され、コード成分除去後の同相信号I<sub>r</sub>並びに直交信号Q<sub>r</sub>が積算器57<sub>1</sub>、57<sub>4</sub>にて一定時間（例えば、コードの1周期の長さである1ミリ秒）だけ積算された信号I<sub>rs</sub>並びにQ<sub>rs</sub>がダンプされる。なお、上記積算時間は1ミリ秒に限定されるものではなく、これより長い又は短い時間であってもよい。

【0019】そして、キャリアループ弁別器58aにおいて、一定時間積算された同相信号I<sub>rs</sub>並びに直交信号Q<sub>rs</sub>の位相差 $\theta_{err}$ が計算されるが、キャリア同期とコード同期がともにとれていた場合、上記直交信号Q<sub>rs</sub>=0となるので位相差 $\theta_{err}=0$ となる。そこで、演算回路10にて位相差 $\theta_{err}$ の傾き（微分値） $d\theta_{err}/dt$ を監視し、この傾き $d\theta_{err}/dt$ を小さく（ゼロとする）ようにキャリア用数値制御発振器51に対する制御

10

20

30

40

50

信号Ncaを決定し、キャリア用数値制御発振器51からレプリカキャリア $f_{ca}$ を発生させるものである。

【0020】次に、GPS衛星からの電波を捕捉した後、コード同期がとれた状態での演算回路10の動作を、図3のフローチャートを参照して詳細に説明する。

【0021】まず、演算回路10はキャリアループ弁別器58aから1ミリ秒毎に所定期間（例えば、10ミリ秒間）だけ位相差 $\theta_{err}$ を読み込む（S1）。但し、上記所定期間は10ミリ秒間に限定されるものではなく、これよりも長い又は短い時間であってもよい。そして、演算回路10においては、上記所定期間の位相差 $\theta_{err}$ の平均値と傾き $d\theta_{err}/dt$ を計算し（S2）、求めた傾き $d\theta_{err}/dt$ の絶対値を所定の閾値 $\omega_{th}$ と比較する（S3）。演算回路10では、傾き $d\theta_{err}/dt$ の絶対値が閾値 $\omega_{th}$ よりも大きければ、レプリカキャリア $f_{ca}$ の周波数がデジタルIF信号のキャリアの周波数と一致していないと判断し、傾き $d\theta_{err}/dt$ の絶対値に相当する制御信号の補正值 $\Delta Nca$ を出力する（S4）。そして、演算回路10から出力された補正值 $\Delta Nca$ に加算器11によりバイアス値が加算され、信号処理回路58により制御信号Ncaの値が計算されてNcaの値が変更されることで新しいレプリカキャリア $f_{ca}$ がキャリア用数値制御発振器51から発生する（S5）。なお、制御信号Ncaのバイアス値はそのシステムに依存するものであり、システムにより不必要ならばバイアス値を加算しなくてもかまわない。

【0022】そして、新たなレプリカキャリア $f_{ca}$ によるデジタルIF信号の直交周波数変換並びにコード成分の除去の操作が行われ、位相差 $\theta_{err}$ の傾き $d\theta_{err}/dt$ の絶対値が閾値 $\omega_{th}$ 以下になるまで上記処理（S1～S5）が繰り返される。

【0023】一方、位相差 $\theta_{err}$ の傾き $d\theta_{err}/dt$ の絶対値が閾値 $\omega_{th}$ 以下となれば、演算回路10ではレプリカキャリア $f_{ca}$ の周波数がデジタルIF信号のキャリアの周波数と一致したと判断し（S6）、そのときの補正值 $\Delta Nca$ の値を初期値 $\Delta Nca0$ として記憶する（S7）。

【0024】ここで、制御信号Ncaは位相差 $\theta_{err}$ の傾き $d\theta_{err}/dt$ の関数であり、レプリカキャリア $f_{ca}$ が制御信号Ncaの関数であることから、図4に示すように上記傾き $d\theta_{err}/dt$ がゼロになったときの制御信号Ncaの値 $Nca0$ をキャリア用数値制御発振器51に与えたときにレプリカキャリア $f_{ca}$ の周波数がデジタルIF信号のキャリア成分の周波数に一致させることができる。

【0025】そして、演算回路10は位相差 $\theta_{err}$ の平均値の絶対値 $|\Sigma\theta_{err}|/10$ と所定の基準値 $\theta_{th}$ とを比較し（S8）、上記平均値の絶対値 $|\Sigma\theta_{err}|/10$ が基準値 $\theta_{th}$ よりも大きい場合にはレプリカキャリア $f_{ca}$ の位相がデジタルIF信号のキャリアの位相と一

致していないと判断して位相を一致させるように補正值 $\Delta Nca$ の値を前後させる。すなわち、演算回路10では図5に示すように、位相差 $\theta_{err}$ の平均値 $\Sigma\theta_{err}/10$ の符号と大きさ（絶対値）に応じて必要な時間分だけ補正值 $\Delta Nca$ として $\Delta Nca0 \pm \alpha$ を出力することでレプリカキャリア $f_{ca}$ の周波数を前後させ、レプリカキャリア $f_{ca}$ の位相をデジタルIF信号のキャリア成分と一致させるように補正する（S9）。この補正完了後、演算回路10は補正值 $\Delta Nca$ を初期値 $\Delta Nca0$ に戻し（S10）、再度所定期間だけ位相差 $\theta_{err}$ を読み込むとともに位相差 $\theta_{err}$ の平均値 $\Sigma\theta_{err}/10$ を求める（S11）。そして、平均値 $\Sigma\theta_{err}/10$ が基準値 $\theta_{th}$ 以下になれば、レプリカキャリア $f_{ca}$ の位相がデジタルIF信号のキャリアの位相と一致したと判断し（S8）、そのときの補正值 $\Delta Nca0$ を記憶し（S12）、レプリカキャリア $f_{ca}$ の周波数と位相を保持する。その後は、位相差 $\theta_{err}$ の傾きと平均値を監視することで受信信号の周波数や位相に変動が生じているか否かを検知してキャリア同期を追跡する。

【0026】上述のように本実施形態では、GPS受信信号のキャリア同期追跡において、位相差を検知して周波数を合わせるだけでなく位相差と同時に周波数のずれを監視することにより、RF回路2の基準周波数発生器2bで生成される基準周波数の揺らぎや、受信信号が建物からの反射等で大きく変動した場合などに生じるキャリア周波数の大きな変化に追従できるようになり、キャリアループのロック外れを防止することが可能となる。これによりGPS衛星の再捕捉のために長時間を費やしてしまうという問題を防ぐことができる。しかも、従来構成に対して演算回路10を追加するだけの簡単な構成で実現できるという利点がある。

【0027】（実施形態2）本実施形態は図6に示すように、受信信号をRF回路2でダウンコンバートしアナログ/デジタル信号変換器3で2値化したデジタルIF信号を所定期間分だけ記憶可能なメモリ12を受信信号処理ブロック5に備えた点が実施形態1と異なるが、それ以外の構成は実施形態1と共通である。よって、共通する構成については同一の符号を付して説明を省略し、本実施形態の特徴となる構成並びに動作についてのみ説明する。

【0028】ところで実施形態1においては、演算回路10がキャリアループ弁別器58aから1ミリ秒毎に所定期間（例えば、10ミリ秒間）だけ位相差 $\theta_{err}$ を読み込んで位相差 $\theta_{err}$ の傾き $d\theta_{err}/dt$ を求めて閾値 $\omega_{th}$ と比較し、傾きの絶対値が閾値 $\omega_{th}$ よりも大きければ、制御信号Ncaを変更してレプリカキャリア $f_{ca}$ の周波数を変え、その次の10ミリ秒間で再度位相差 $\theta_{err}$ の傾き $d\theta_{err}/dt$ の程度を判定している。

【0029】これに対して本実施形態では、受信信号処理部ロック5に設けたメモリ12に所定時間（例えば、

100ミリ秒)分だけ格納されたデジタルIF信号のデータのうち、最初の10ミリ秒間のデータを用いて実施形態1で説明した手順によりレプリカキャリア $f_{ca}$ の周波数及び位相をデジタルIF信号のキャリア成分の周波数及び位相に合わせ込むのであるが、2回目以降の位相差 $\theta_{err}$ の傾き $d\theta_{err}/dt$ の算出にはメモリ12に格納されたデータを用いる。したがって、デジタルIF信号のデータを一旦メモリ12に格納することにより、最初の10ミリ秒間のデータを何度でも使用することができ、GPS衛星の捕捉時にもメモリ12に格納したデータを用い、レプリカキャリア $f_{ca}$ の周波数とコードの位相を順次変えていくことで、例えば、 $I_{ps}^2 + Q_{ps}^2$ が一定値以上になるキャリア用及びコード用数値制御発振器51、53の制御信号 $N_{ca}$ 、 $N_{cd}$ を探すことができる。また、一旦キャリア同期がとれた後に周波数が変動した場合でも、変動がみられた時点のデジタルIF信号のデータを利用してレプリカキャリア $f_{ca}$ の周波数と位相を受信信号に合わせ込むことが可能である。これにより、受信したGPS信号をすべて航法データとして復調することが可能となる。なお、メモリ12に格納されるデジタルIF信号は100ミリ秒間分に限定されるものではなく、これよりも長い又は短い時間であってもよい。

【0030】上述のように本実施形態によれば、実施形態1のようにリアルタイムでレプリカキャリア $f_{ca}$ の周波数と位相をデジタルIF信号のキャリア成分の周波数と位相に合わせ込むよりも速く、受信信号のキャリア成分との同期をとることができ、しかも、最初にメモリ12に格納された受信信号(デジタルIF信号)から全ての受信信号を航法データとして復調することができ、この結果、位置情報を出力するまでの時間を短縮することが可能となる。

【0031】ところで実施形態1又は実施形態2において、演算回路10により位相差 $\theta_{err}$ の傾き $d\theta_{err}/dt$ を計算する際に、図7(a)に示すように10ミリ秒間の位相差 $\theta_{err1} \sim \theta_{err10}$ のデータに大きく値の異なるデータが含まれている場合、このようなデータを含めて傾き $d\theta_{err}/dt$ や平均値 $\Sigma\theta_{err}/10$ を算出すると誤差が大きくなってしまったり、傾き $d\theta_{err}/dt$ が算出できなくなる虞がある。そこで、直前並びに直後のデータとの変化分 $\Delta\theta_{err}$ が所定値 $\theta_r$ よりも大きいデータ、例えば図7(a)において $\Delta\theta_{err3} > \theta_r$ 且つ $\Delta\theta_{err4} > \theta_r$ となる $\theta_{err3}$ のデータを除去して傾き $d\theta_{err}/dt$ 並びに平均値 $\Sigma\theta_{err}/10$ を算出するようにすれば、図7(b)に示すように適切な位相差 $\theta_{err}$ の傾き $d\theta_{err}/dt$ や平均値 $\Sigma\theta_{err}/10$ を算出することができ、結果としてより速くキャリア同期をとることが可能となる。

【0032】

【発明の効果】請求項1の発明は、GPS衛星から受信した受信信号から航法データを復調するGPS信号の復

調方法であって、受信信号のキャリア成分に周波数を可変としたレプリカキャリアを同期させる際に、受信信号のキャリア成分とレプリカキャリアの周波数との位相差の傾きを所定時間毎に算出し、この傾きの絶対値を小さくするようにレプリカキャリアの周波数を可変させるので、受信信号のキャリア成分とレプリカキャリアの位相差を検知して両者の周波数を合わせるだけでなく、位相差と同時に位相差の傾きで表される周波数のずれを監視してレプリカキャリアの周波数を受信信号のキャリア成分の周波数に合わせるため、中間周波信号に変換するための基準周波数の揺らぎや、受信信号が建物からの反射等で大きく変動した場合などに生じるキャリア周波数の大きな変化に追従することができ、キャリアループのロック外れを防止することが可能となり、これによりGPS衛星の再捕捉のために長時間を費やしてしまうという問題を防ぐことができるという効果がある。

【0033】請求項2の発明は、GPS衛星から受信した受信信号から航法データを復調するGPS受信装置において、アンテナで受信したGPS信号を中間周波信号に変換する中間周波変換手段と、アナログの中間周波信号を2値化してデジタル中間周波信号に変換するアナログ/デジタル変換手段と、レプリカキャリアを発生するキャリア用数値制御発振器と、デジタル中間周波信号をレプリカキャリアにより同相信号並びに直交信号に直交周波数変換する直交周波数変換器と、受信信号に含まれる各GPS衛星に固有の疑似雑音符号に同期したコードを発生させるコード同期手段と、コード同期がとれた状態で同相信号と直交信号の単位時間毎の位相差を算出するとともに所定期間毎に位相差の傾きを算出し、位相差の傾きの絶対値を小さくするようにレプリカキャリアの周波数を変えるための制御信号を生成してキャリア用数値制御発振器を制御する制御手段とを備えたので、受信信号のキャリア成分とレプリカキャリアの位相差を検知して両者の周波数を合わせるだけでなく、位相差と同時に位相差の傾きで表される周波数のずれを監視してレプリカキャリアの周波数を受信信号のキャリア成分の周波数に合わせるため、中間周波信号に変換するための基準周波数の揺らぎや、受信信号が建物からの反射等で大きく変動した場合などに生じるキャリア周波数の大きな変化に追従することができ、キャリアループのロック外れを防止することが可能となり、これによりGPS衛星の再捕捉のために長時間を費やしてしまうという問題を防ぐことができ、しかも、従来構成に対して僅かな回路を追加するだけの簡単な回路構成で実現できるという効果がある。

【0034】請求項3の発明は、請求項2の発明において、所定時間分のデジタル中間周波信号を格納するメモリを備え、制御手段はメモリに格納されたデジタル中間周波信号のデータから制御信号を生成してなるので、リアルタイムでレプリカキャリアの周波数と位相をデジタ

10

20

30

40

50

ル中間周波信号のキャリア成分の周波数と位相に合わせ込むよりも速く、受信信号のキャリア成分との同期をとることができ、しかも、最初にメモリに格納されたデジタル中間周波信号から全ての受信信号を航法データとして復調することができ、この結果、位置情報を出力するまでの時間を短縮することが可能となるという効果がある。

【0035】請求項4の発明は、請求項2又は3の発明において、制御手段は、単位時間毎に算出する位相差のデータのうちで前後の位相差のデータとの変化量が所定値以上である位相差のデータを除去して傾き及び平均値を算出するので、適切な位相差の傾きを算出することができ、結果としてより速くキャリア同期をとることが可能となるという効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

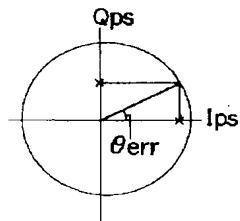
【図1】実施形態1の要部を示すブロック図である。

【図2】同上の動作説明図である。

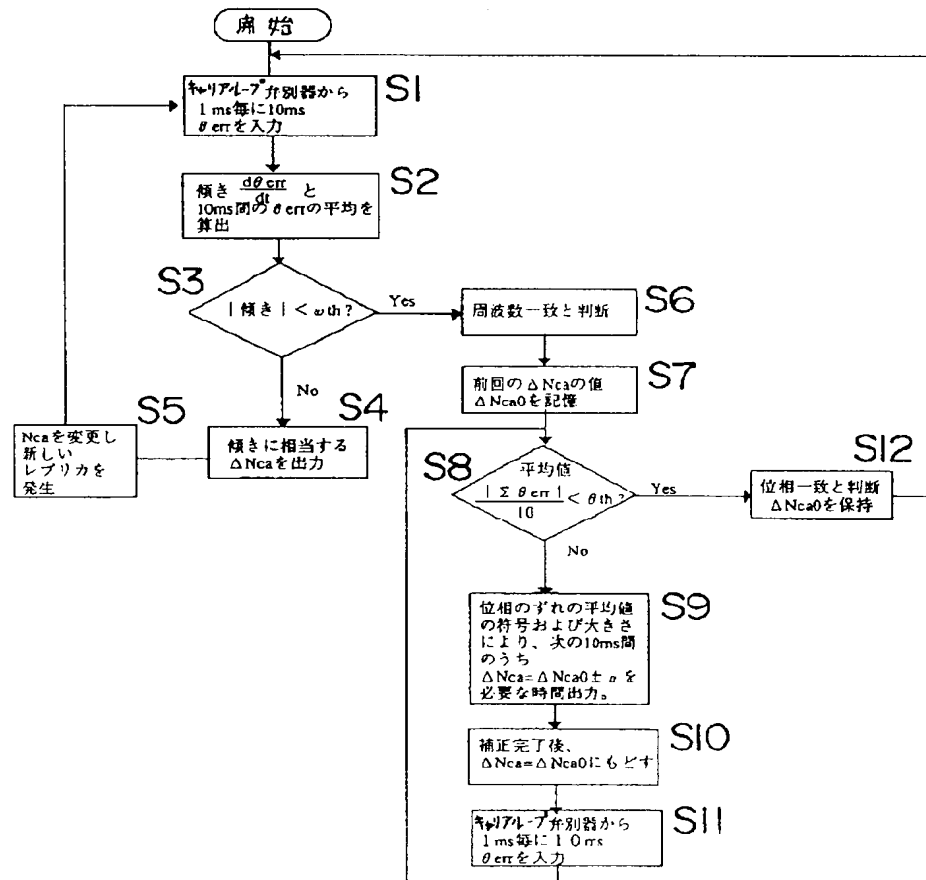
【図3】同上の動作説明用のフローチャートである。

【図4】同上の動作説明図である。

【図2】



【図3】



\* 【図5】 同上の動作説明図である。

【図6】 実施形態2の要部を示すブロック図である。

【図7】 同上の動作説明図である。

【図8】 従来のGPS受信装置の全体構成を示すブロック図である。

【図9】 同上における受信信号処理ブロックを示すブロック図である。

【図10】 同上における信号処理回路を示すブロック図である。

#### 【符号の説明】

5 受信信号処理ブロック

10 演算回路

11 加算器

51 キャリア用数値制御発振器

52 直交周波数変換器

56 EXOR回路

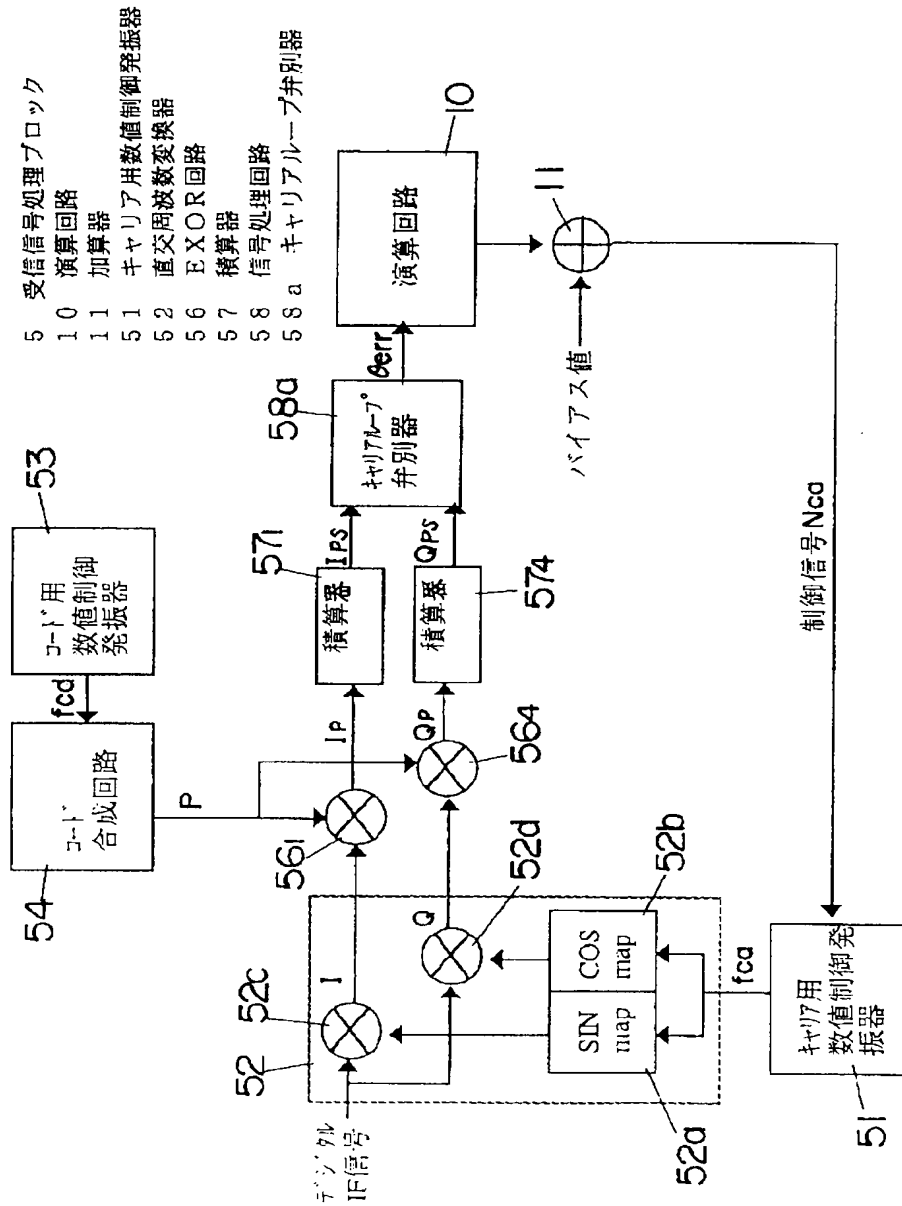
57 積算器

58 信号処理回路

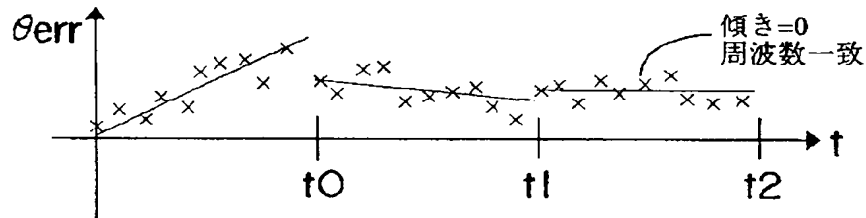
58a キャリアループ弁別器



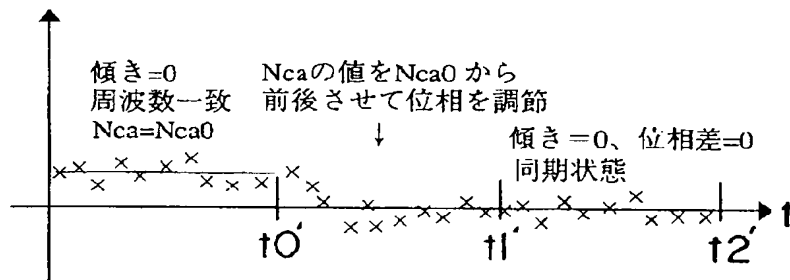
【図1】



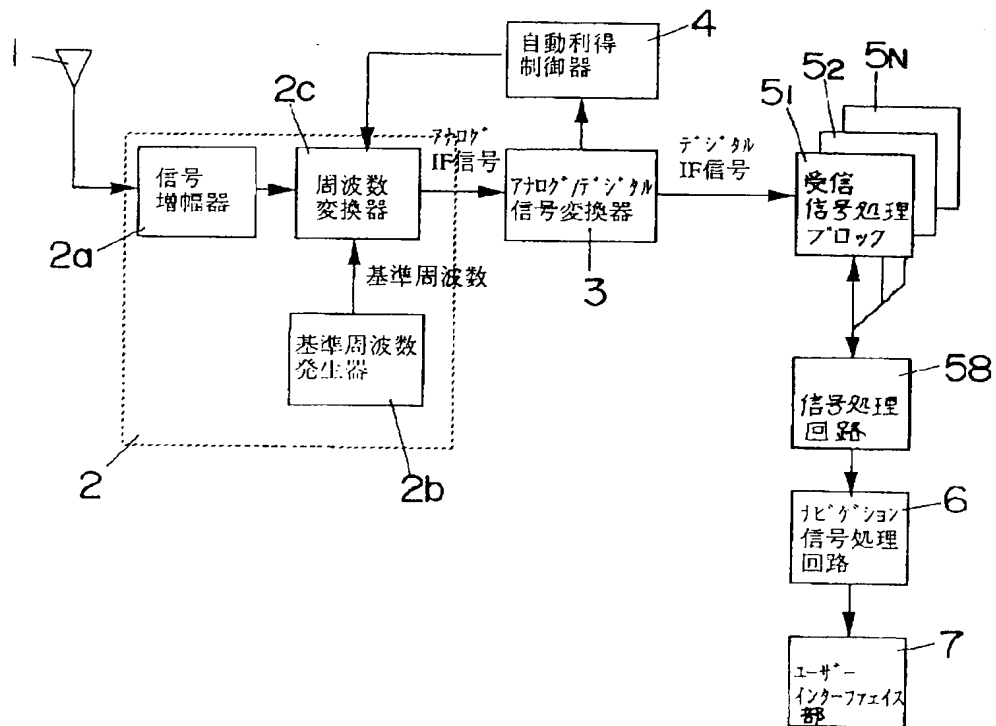
【図4】



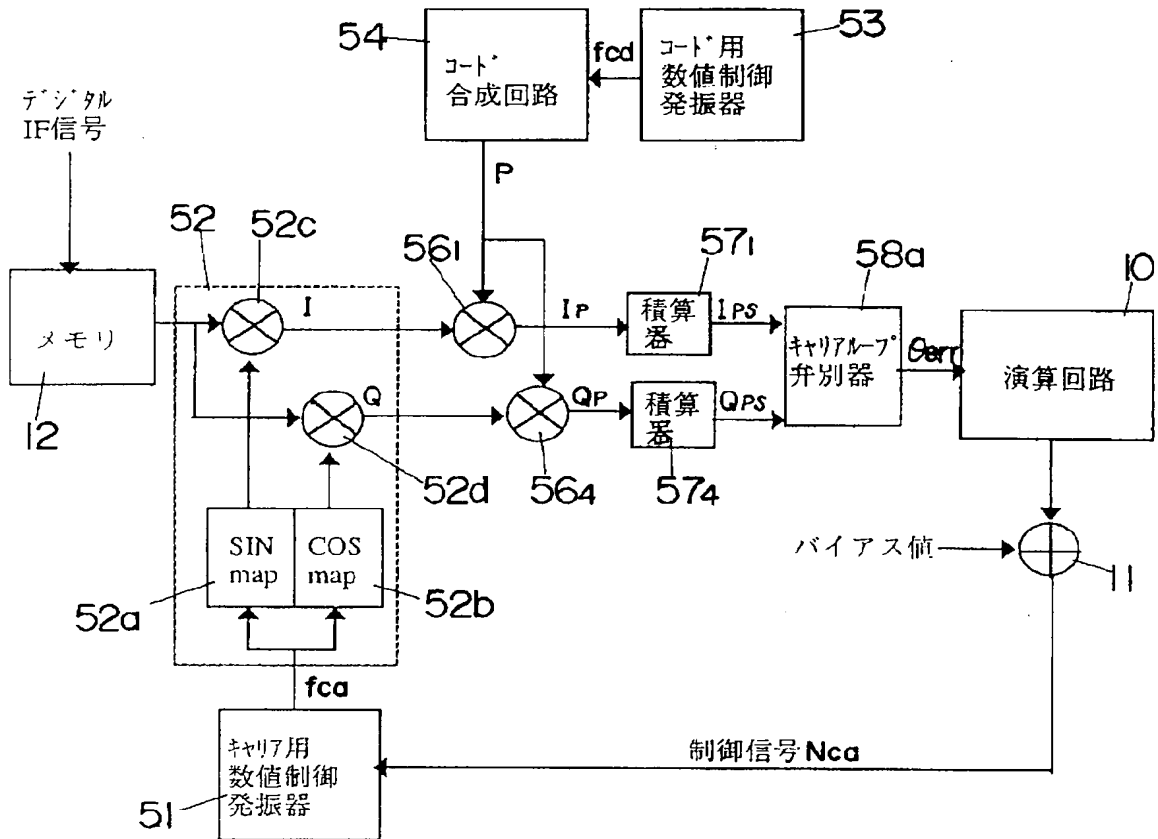
【図5】



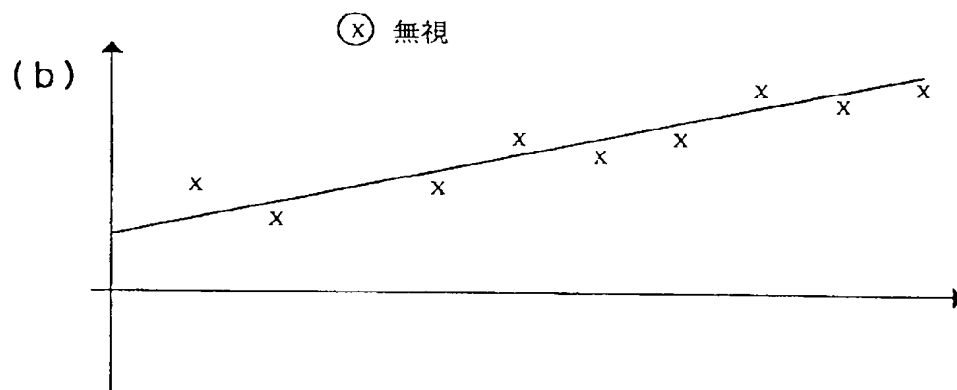
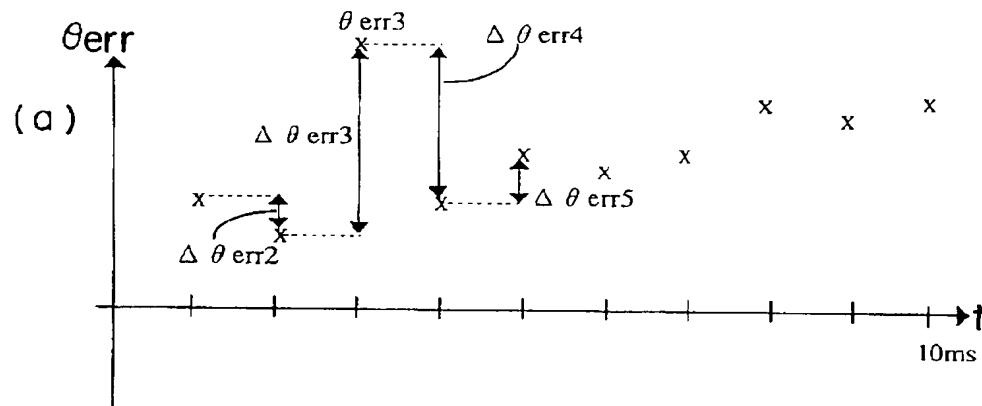
【図8】



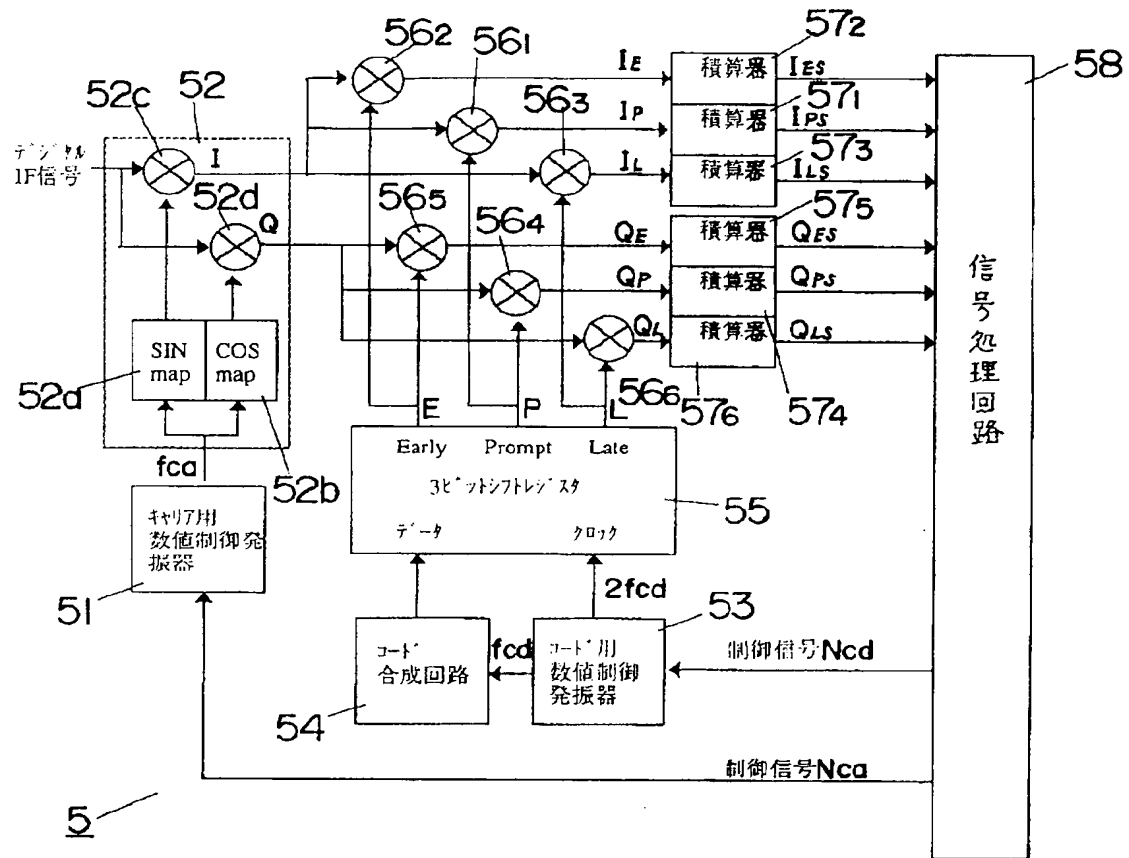
【図6】



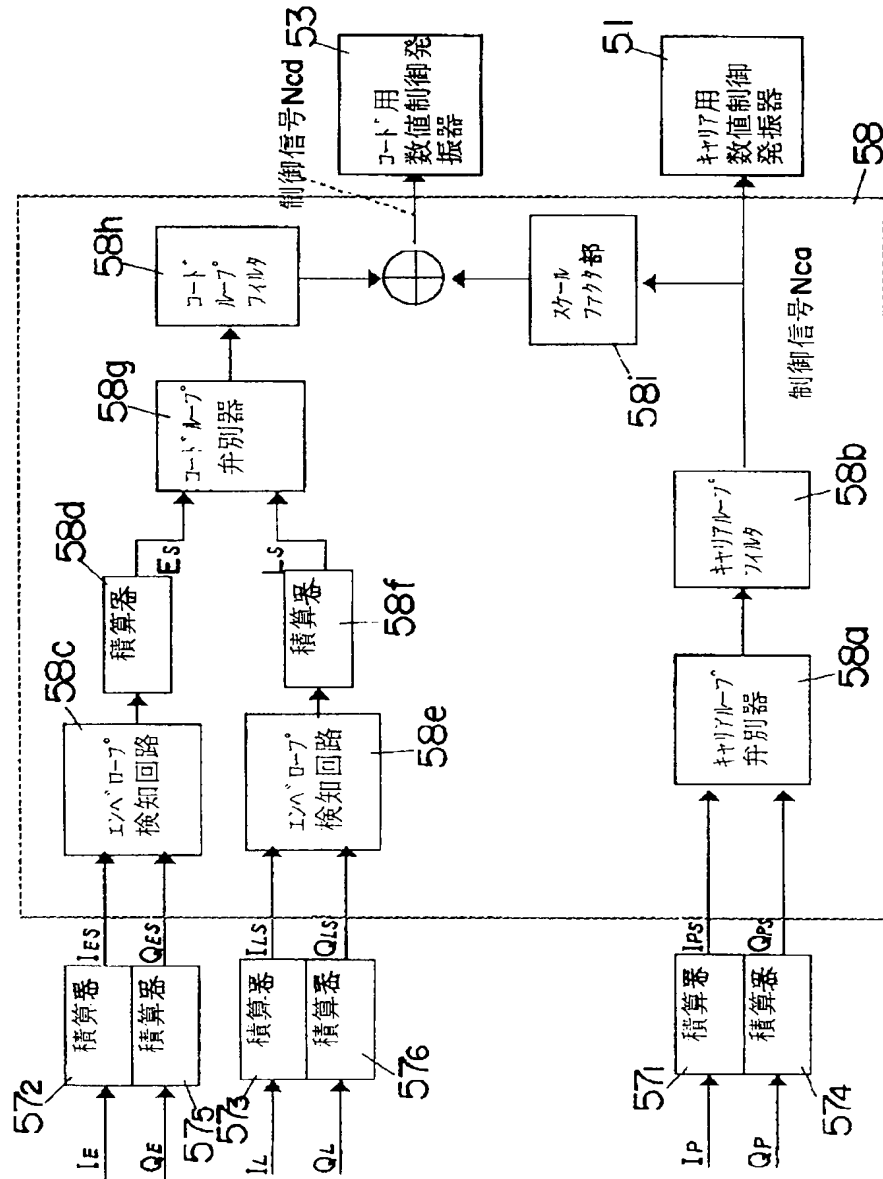
【図7】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72) 発明者 上柳 秀樹  
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株  
式会社内  
(72) 発明者 兵頭 聡  
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株  
式会社内

Fターム(参考) 5J062 CC07 DD14  
5K004 AA05 AA08 FJ07 FJ14 JJ05  
5K022 EE03 EE36  
5K052 AA00 AA14 BB00 BB01 FF32  
GG11 GG22 GG26 GG48 GG57

2001-272453

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 5 1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.  
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.  
3. In the drawings, any words are not translated.

10

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

- 15 [Claim 1] It is a demodulation method of a GPS signal which recovers navigation data from an input signal received from a GPS Satellite. When synchronizing with a carrier component of an input signal a replica career which made frequency variable, A demodulation method of a GPS signal making frequency of a replica career change so that inclination of phase contrast of a carrier component of an input signal and frequency of a replica career may be computed for every predetermined time and an absolute value of this inclination may be made small.
- 20 [Claim 2] A GPS receiving set which recovers navigation data from an input signal received from a GPS Satellite, comprising:  
An intermediate frequency conversion method which changes into an intermediate frequency signal a GPS signal received with an antenna.  
An analog-to-digital conversion means to binary-ize an intermediate frequency signal of an analog and to change  
25 into a digital intermediate frequency signal.  
A numerical control oscillator for careers which generates a replica career.  
A rectangular frequency converter which carries out rectangular frequency conversion of the digital intermediate frequency signal to an in-phase signal and a rectangular signal with a replica career.  
A code synchronous means which generates a code in sync with a pseudo noise code peculiar to each GPS  
30 Satellite contained in an input signal.  
Where a code synchronization is able to be taken, while computing phase contrast for every unit time of an in-phase signal and a rectangular signal, inclination of phase contrast is computed for every prescribed period, A control means which generates a control signal for changing frequency of a replica career so that an absolute value of inclination of phase contrast may be made small, and controls a numerical control oscillator for careers.
- 35 [Claim 3] The GPS receiving set according to claim 2 which it has a memory which stores a digital intermediate frequency signal for predetermined time, and a control means generates a control signal from data of a digital intermediate frequency signal stored in a memory, and is characterized by things.
- [Claim 4] The GPS receiving set according to claim 2 or 3, wherein a control means computes inclination by variation with data of phase contrast of order removing data of phase contrast which is beyond a predetermined  
40 value among data of phase contrast computed for every unit time.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

45 [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the demodulation method and GPS receiving set of a GPS signal.

[0002]

[Description of the Prior Art]In the conventional GPS receiving set, after generating the numerals (code) in sync with the pseudo noise code peculiar to each GPS Satellite contained in an input signal and performing spectrum back-diffusion of gas, the career in sync with the subcarrier (career) of the input signal is reproduced, and it restores to the navigation data from a GPS Satellite. Changing the frequency of the replica of a career, and the phase of a code one by one using the code of the GPS Satellite made into the duplicate signals (replica) of the career generated within the GPS receiving set, and the purpose, in order to catch the electric wave from a GPS Satellite. By searching for the size of correlation with the signal from a GPS Satellite, the electric wave of the GPS Satellite made into the purpose is caught. Once catching the electric wave of the target GPS Satellite, the phase contrast of an input signal and the replica of the career generated within the GPS receiving set is supervised, and synchronous pursuit of a career is performed by controlling the numerical control oscillator for careers. PLL (Phase Locked Loop) which synchronous pursuit of a career detects phase contrast, such as a costas loop (Costas 1oop), and doubles frequency is used, and DLL (De1ey Lock Loop) is used for synchronous pursuit of a code.

[0003]Hereafter, with reference to drawing 8 and drawing 9, the conventional composition and operation of a GPS receiving set are explained. Drawing 8 shows the block by the whole GPS receiving set, and drawing 9 changes an input signal into IF (intermediate frequency) signal by an RF circuit. The reception signal processing block for every [ corresponding to each GPS Satellite ] channel which processes the digital IF signal after carrying out the analog to digital (binary-izing) of the IF signal furthermore is shown. Drawing 10 is a block diagram of the digital disposal circuit which performs code synchronous pursuit and carrier synchronization pursuit based on the output of a reception signal processing block.

[0004]As shown in drawing 8, the input signal of the antenna 1 is supplied to RF circuit 2, and in RF circuit 2, frequency conversion (down convert) of the input signal is carried out to an intermediate frequency (IF) signal. That is, RF circuit 2 comprises the signal amplifier 2a which amplifies the input signal from the antenna 1, reference frequency generator 2b which generates a reference frequency signal, and the frequency converter 2c which carries out frequency conversion of the input signal amplified with the signal amplifier 2a based on the reference frequency signal to an IF signal. And the IF signal of the analog outputted from RF circuit 2 is binary-ized in the analog-to-digital signal converter 3, and is changed into a digital IF signal, and signal processing is carried out with the reception signal processing block 5i (i=1-N) for every reception channel corresponding to two or more GPS Satellites. The digital IF signal is supplied also to the automatic-gain-control machine 4, and is controlling the profit in the frequency converter 2c by the automatic-gain-control machine 4 to the suitable value according to a digital IF signal.

[0005]The numerical control oscillator 51 for careers in which the reception signal processing block 5i generates the duplicate signals (it is hereafter called a "replica career") fca of a career as shown in drawing 9. The rectangular frequency converter 52 which carries out rectangular frequency conversion of the digital IF signal to the in-phase signal I from which 90 degrees of phases differ mutually with the replica career fca, and the rectangular signal Q. The numerical control oscillator 53 for codes which generates the clock signal fcd, and the code synthetic circuit 54 which compounds the code which is in agreement with the pseudo noise code of the GPS Satellite which it is going to receive from the clock signal fcd. The data of the code compounded in the clock signal fcd and the code synthetic circuit 54 is inputted. The Prompt signal synchronized with the code composition contained in an input signal (P signal). The shift register 55 of the triplet which outputs the Late signal (L signal) which was in 1 chip phase for 2 minutes to the advanced Early signal (E signal) and P signal of 1 chip phase for 2 minutes to P signal, respectively, EXOR circuit 56<sub>1</sub> which calculates exclusive OR with each signal of P, E, and L, the in-phase signal I, and the rectangular signal Q - 56<sub>6</sub>. A code composition removed in-phase signal I<sub>p</sub>, I<sub>E</sub>, I<sub>L</sub> and rectangular signal Q<sub>p</sub>, Q<sub>E</sub>, and Q<sub>L</sub> by calculating exclusive OR by each EXOR circuit 56<sub>1</sub> - 56<sub>6</sub>. Fixed time. It has integrator 57<sub>1</sub> integrated and dumped only (for example, 1 millisecond which is the length of one cycle of a code) - 57<sub>6</sub>. The separation circuits 52a and 52b where the rectangular frequency



converter 52 divides the replica career fca into a sign ingredient (about 0 degree phase ingredient), and a cosine ingredient (90-degree movement component), It comprises EXOR circuits 52c and 52d which calculate respectively the exclusive OR of the sign ingredient of the replica career fca and cosine ingredient which are outputted from each separation circuits 52a and 52b, and a digital IF signal, and acquire the in-phase signal I and the rectangular signal Q.

[0006]The digital disposal circuit 58 makes CPU main constitution, While outputting the control signal Ncd for changing the phase of a code one by one based on signal  $I_{PS}$  dumped from each integrator 57<sub>1</sub>–57<sub>6</sub>,  $I_{ES}$ ,  $I_{LS}$  and  $Q_{PS}$ ,  $Q_{ES}$ , and  $Q_{LS}$  to the numerical control oscillator 53 for codes, The control signal Nca for changing the frequency of the replica career fca one by one is outputted to the numerical control oscillator 51 for careers.

When it explains in detail, in this digital disposal circuit 58. As shown in drawing 10, integrator 57<sub>1</sub>, Signal  $I_{PS}$  outputted from 57<sub>4</sub>. And phase contrast with the value, and the career of an input signal and the replica career fca showing the intensity of input signals, such as  $(I_{PS}^2 + Q_{PS}^2)$  from  $Q_{PS}$  or  $|I_{PS}| + |Q_{PS}|$ , is searched for by the career loop discriminator 58a, In the career loop filter 58b, the operation of a loop filter is performed to the calculated value, and the control signal Nca for making the replica career fca follow the career of an input signal based on the result is outputted to the numerical control oscillator 51 for careers. Signal  $I_{ES}$  and Q which are simultaneously outputted from integrator 57<sub>2</sub> and 57<sub>5</sub> in the envelope detecting circuit 58c in the digital disposal circuit 58. Signal ES by which the envelope of ES was detected and fixed time addition of the detection result was carried out with the integrator 58d, The envelope of signal  $I_{LS}$  and  $Q_{LS}$  outputted from integrator 57<sub>3</sub> and 57<sub>6</sub> in the envelope detecting circuit 58e is detected, Calculation which searches for the phase contrast of P signal over the code composition of an input signal from difference with signal  $L_S$  by which fixed time addition of the detection result was carried out with the integrator 58f is performed by 58 g of code loop discriminators, In the code loop filter 58h, the operation of a loop filter is performed to this phase contrast, The control signal Ncd for making the phase of P signal follow the code composition of an input signal based on the scale factor searched for in the result of an operation and scale-factor part 58i is outputted to the numerical control oscillator 53 for codes.

[0007]When catching the electric wave of a GPS Satellite with the GPS receiving set of the above-mentioned composition, the digital disposal circuit 58, Changing the frequency of the replica career fca, and the phase of a code (P signal) one by one, when the value showing the intensity of the input signal searched for by the career loop discriminator 58a exceeds a predetermined threshold, it considers that the electric wave of the GPS Satellite made into the purpose was caught, and the search of a satellite radio wave is ended. It shifts to synchronous pursuit of the code by DLL, and the synchronous pursuit by the costas loop by supervising the phase error (phase shift of the replica career fca and the career of an input signal) searched for by the career loop discriminator 52a henceforth.

[0008]The result (position information) which the current position was positioned and was positioned in the navigation beacon processing circuit 6 from the navigation data of the GPS Satellite to which it restored in the digital disposal circuit 58 as shown, for example in drawing 8 is displayed on the user interface parts 7, such as a monitoring device.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]Although some which are used well have the above-mentioned costas loop as a career loop which detects the phase contrast of two signals as mentioned above and with which the frequency of both signals is doubled, In the discriminator of a costas loop, since only phase contrast is supervised, it cannot follow in footsteps of big change of the carrier frequency produced when an input signal is sharply changed by the reflection from a building, etc., fluctuation of the reference frequency generated, for example with reference frequency generator 2b of RF circuit 2. Once the lock of the loop separated, it had to redo from prehension of the GPS Satellite, position information was calculated again, and there was a problem of spending a long time by the time it tells a user about a current position.

[0010]It succeeds in this invention in light of the above-mentioned problems, and there is a place made into the purpose in providing the demodulation method and GPS receiving set of a GPS signal which can also follow a big

change of the carrier frequency of an input signal with easy composition.

[0011]

[Means for Solving the Problem]An invention of claim 1 is a demodulation method of a GPS signal which recovers navigation data from an input signal received from a GPS Satellite to achieve the above objects, When synchronizing with a carrier component of an input signal a replica career which made frequency variable, Inclination of phase contrast of a carrier component of an input signal and frequency of a replica career is computed for every predetermined time, It is characterized by making frequency of a replica career change so that an absolute value of this inclination may be made small, Detect a carrier component of an input signal, and phase contrast of a replica career, and it not only doubles both frequency, but, In order to supervise a gap of frequency expressed with inclination of phase contrast simultaneously with phase contrast and to double frequency of a replica career with frequency of a carrier component of an input signal, It can follow in footsteps of big change of a carrier frequency produced when an input signal is sharply changed by reflection from a building, etc., fluctuation of reference frequency for changing into an intermediate frequency signal, It becomes possible to prevent a lock blank of a career loop, and a problem that this will spend a question at the time of long for re-prehension of a GPS Satellite can be prevented.

[0012]In a GPS receiving set which recovers navigation data from an input signal which an invention of claim 2 received from a GPS Satellite to achieve the above objects, An intermediate frequency conversion method which changes into an intermediate frequency signal a GPS signal received with an antenna, An analog-to-digital conversion means to binary-ize an intermediate frequency signal of an analog and to change into a digital intermediate frequency signal, A numerical control oscillator for careers which generates a replica career, and a rectangular frequency converter which carries out rectangular frequency conversion of the digital intermediate frequency signal to an in-phase signal and a rectangular signal with a replica career, A code synchronous means which generates a code in sync with a pseudo noise code peculiar to each GPS Satellite contained in an input signal, Where a code synchronization is able to be taken, while computing phase contrast for every unit time of an in-phase signal and a rectangular signal, inclination of phase contrast is computed for every prescribed period, It is characterized by having a control means which generates a control signal for changing frequency of a replica career so that an absolute value of inclination of phase contrast may be made small, and controls a numerical control oscillator for careers, Detect a carrier component of an input signal, and phase contrast of a replica career, and it not only doubles both frequency, but, In order to supervise a gap of frequency expressed with inclination of phase contrast simultaneously with phase contrast and to double frequency of a replica career with frequency of a carrier component of an input signal, It can follow in footsteps of big change of a carrier frequency produced when an input signal is sharply changed by reflection from a building, etc., fluctuation of reference frequency for changing into an intermediate frequency signal, It can become possible to prevent a lock blank of a career loop, a problem that this will spend a question at the time of long for re-prehension of a GPS Satellite can be prevented, and, moreover, it can realize to composition by easy circuitry which adds few circuits conventionally.

[0013]An invention of claim 3 is provided with a memory which stores a digital intermediate frequency signal for predetermined time in an invention of claim 2, A control means generates a control signal from data of a digital intermediate frequency signal stored in a memory, and it is characterized by things, It is quicker than doubling frequency and a phase of a replica career with frequency and a phase of a carrier component of a digital intermediate frequency signal in real time, It becomes possible to shorten time until it can take a synchronization with a carrier component of an input signal, it can moreover recover all the input signals from a digital intermediate frequency signal first stored in a memory as navigation data and it outputs position information as a result.

[0014]In claim 2 or an invention of 3, an invention of claim 4 a control means, It can be characterized by computing inclination and average value by removing data of phase contrast whose variation with data of phase contrast of order is beyond a predetermined value among data of phase contrast computed for every unit time,

inclination of suitable phase contrast can be computed, and it becomes possible to take a carrier synchronization more quickly as a result.

[0015]

[Embodiment of the Invention](Embodiment 1) The block diagram of the important section in Embodiment 1 of this invention is shown in drawing 1. However, since the composition for performing synchronous pursuit of a code except the composition for performing synchronous pursuit of the carrier which is the feature of this invention is common, it abbreviates a graphic display and explanation to the conventional example shown in drawing 8 – drawing 10. The same numerals are given to the portion which is common in the above-mentioned conventional example among the composition of this embodiment, and explanation is omitted.

[0016]This embodiment, As shown in drawing 2, in-phase signal  $I_{PS}$  and rectangular signal  $Q_{PS}$  by which the code composition was removed and fixed time addition was carried out by integrator 57<sub>1</sub> and 57<sub>4</sub>. Angle (phase contrast of in-phase signal  $I_{PS}$  and rectangular signal  $Q_{PS}$ )  $\theta_{err}$  when it plots on a rectangular-coordinates axis is computed by the carrier loop discriminator 58a, The feature is at the point provided with the arithmetic circuit 10 which determines the control signal  $N_{ca}$  for detecting the frequency drift of the replica carrier  $f_{ca}$  from inclination (differential value)  $d\theta_{err}/dt$  of this phase contrast  $\theta_{err}$ , and controlling the numerical control oscillator 51 for carriers. The arithmetic circuit 10 is realized in CPU which constitutes the digital disposal circuit 58 in a conventional example.

[0017]The digital IF signal which changed the frequency of the input signal into the intermediate frequency (IF) in RF circuit 2 which is not illustrated (down convert), and was binary-ized with the analog-to-digital signal converter 3, As opposed to the sign ingredient and cosine ingredient of the replica carrier  $f_{ca}$  from which the replica carrier  $f_{ca}$  by which it was generated with the numerical control oscillator 51 for carriers where an electric wave is caught was separated by the separation circuits 52a and 52b, The operation of exclusive OR is performed in EXOR circuits 52c and 52d, and rectangular frequency conversion of the digital IF signal is carried out to the in-phase signal  $I$  and the rectangular signal  $Q$ . At this time, if the frequency and the phase of the replica carrier  $f_{ca}$  and the carrier component of a digital IF signal are thoroughly in agreement, a carrier component will be removed from a digital IF signal, but. In the stage which caught the electric wave from a GPS Satellite, since the carrier synchronization cannot be taken, the carrier component is not removable.

[0018]And a code composition is removed by calculating exclusive OR with  $P$  signal for making it synchronize with a code composition, the in-phase signal  $I$ , and the rectangular signal  $Q$  in EXOR circuit 56<sub>1</sub> and 56<sub>4</sub>. Signal  $I_{PS}$  and  $Q_{PS}$  by which in-phase signal  $I_p$  after code composition removal and rectangular signal  $Q_p$  were integrated only for fixed time (for example, 1 millisecond which is the length of one cycle of a code) in integrator 57<sub>1</sub> and 57<sub>4</sub> are dumped. The above-mentioned integration time may not be limited to 1 millisecond, and may be time longer than this or short.

[0019]And in the carrier loop discriminator 58a, although phase contrast  $\theta_{err}$  of in-phase signal  $I_{PS}$  and rectangular signal  $Q_{PS}$  by which fixed time addition was carried out is calculated, when both the carrier synchronization and the code synchronization can be taken, since it is set to the above-mentioned rectangular signal  $Q_{PS}=0$ , it is set to phase contrast  $\theta_{err}=0$ . Then, inclination (differential value)  $d\theta_{err}/dt$  of phase contrast  $\theta_{err}$  is supervised in the arithmetic circuit 10, The control signal [ as opposed to / like / it is small (it is considered as zero), and / the numerical control oscillator 51 for carriers for this inclination  $d\theta_{err}/dt$  ]  $N_{ca}$  is determined, and the replica carrier  $f_{ca}$  is generated from the numerical control oscillator 51 for carriers.

[0020]Next, after catching the electric wave from a GPS Satellite, operation of the arithmetic circuit 10 in the state where the code synchronization was able to be taken is explained in detail with reference to the flow chart of drawing 3.

[0021]First, the arithmetic circuit 10 reads phase contrast  $\theta_{err}$  from the carrier loop discriminator 58a only a prescribed period (for example, for 10 milliseconds) for every millisecond (S1). However, the above-mentioned prescribed period may not be limited in 10 milliseconds, and may be time longer than this or short. And in the arithmetic circuit 10, it inclines with the average value of phase contrast  $\theta_{err}$  of the above-mentioned

prescribed period, and the absolute value of inclination  $d\theta_{err}/dt$  which calculated and (S2) asked for  $d\theta_{err}/dt$  is compared with predetermined threshold  $\omega_{gath}$  (S3). In the arithmetic circuit 10, if the absolute value of inclination  $d\theta_{err}/dt$  is larger than threshold  $\omega_{gath}$ , The frequency of the replica career  $f_{ca}$  judges that it is not in agreement with the frequency of the career of a digital IF signal, and outputs correction value  $\Delta N_{ca}$  of the control signal equivalent to the absolute value of inclination  $d\theta_{err}/dt$  (S4). And a bias value is added to correction value  $\Delta N_{ca}$  outputted from the arithmetic circuit 10 by the adding machine 11, and it is generated by the new replica career  $f_{ca}$  from the numerical control oscillator 51 for careers by the value of the control signal  $N_{ca}$  being calculated by the digital disposal circuit 58, and the value of  $N_{ca}$  being changed (S5). It is dependent on the system, and by a system, as long as the bias value of the control signal  $N_{ca}$  is unnecessary, it may not add a bias value.

[0022] And rectangular frequency conversion of the digital IF signal by the new replica career  $f_{ca}$  and operation of removal of a code composition are performed, and the above-mentioned processing (S1-S5) is repeated until the absolute value of inclination  $d\theta_{err}/dt$  of phase contrast  $\theta_{err}$  becomes below threshold  $\omega_{gath}$ .

[0023] On the other hand, if the absolute value of inclination  $d\theta_{err}/dt$  of phase contrast  $\theta_{err}$  becomes below in threshold  $\omega_{gath}$ , In the arithmetic circuit 10, it judges that the frequency of the replica career  $f_{ca}$  was in agreement with the frequency of the career of a digital IF signal (S6), and the value of correction value  $**N_{ca}$  at that time is memorized as initial value  $**N_{ca0}$  (S7).

[0024] The control signal  $N_{ca}$  is a function of inclination  $d\theta_{err}/dt$  of phase contrast  $\theta_{err}$  here, From the replica career  $f_{ca}$  being a function of the control signal  $N_{ca}$ . As shown in drawing 4, when value  $N_{ca0}$  of the control signal  $N_{ca}$  when above-mentioned inclination  $d\theta_{err}/dt$  becomes zero is given to the numerical control oscillator 51 for careers, the frequency of the replica career  $f_{ca}$  can be coincided with the frequency of the carrier component of a digital IF signal.

[0025] And the arithmetic circuit 10 compares absolute value  $|\sigma_{\theta_{err}}|/10$  of the average value of phase contrast  $\theta_{err}$  with predetermined reference-value  $\theta_{eth}$  (S8). When absolute value  $|\sigma_{\theta_{err}}|/10$  of the above-mentioned average value are larger than reference-value  $\theta_{eth}$ , it judges that the phase of the replica career  $f_{ca}$  is not in agreement with the phase of the career of a digital IF signal, and the value of correction value  $\Delta N_{ca}$  is made to get mixed up so that a phase may be coincided. Namely, the frequency of the replica career  $f_{ca}$  is made to get mixed up with outputting  $**N_{ca0}**\alpha$  as correction value  $**N_{ca}$  by required time according to the numerals and the size (absolute value) of average value  $\sigma_{\theta_{err}} / 10$  of phase contrast  $\theta_{err}$ , as the arithmetic circuit 10 shows to drawing 5. It amends so that the phase of the replica career  $f_{ca}$  may be coincided with the carrier component of a digital IF signal (S9). After this completion of amendment, the arithmetic circuit 10 returns correction value  $**N_{ca}$  to initial value  $**N_{ca0}$  (S10), and it calculates average value  $\sigma_{\theta_{err}} / 10$  of phase contrast  $\theta_{err}$  while only a prescribed period reads phase contrast  $\theta_{err}$  again (S11). And if average value  $\sigma_{\theta_{err}} / 10$  become below reference-value  $\theta_{eth}$ , it will judge that the phase of the replica career  $f_{ca}$  was in agreement with the phase of the career of a digital IF signal (S8), correction value  $**N_{ca0}$  at that time will be memorized (S12), and the frequency and the phase of the replica career  $f_{ca}$  will be held. After that, it detects whether change has arisen in the frequency and the phase of the input signal under supervising inclination and the average value of phase contrast  $\theta_{err}$ , and a carrier synchronization is pursued.

[0026] In [ as mentioned above ] carrier synchronization pursuit of a GPS input signal at this embodiment, By it not only doubling frequency, but detecting phase contrast and supervising a gap of frequency simultaneously with phase contrast, It can follow now in footsteps of big change of the carrier frequency produced when an input signal is sharply changed by the reflection from a building, etc., fluctuation of the reference frequency generated with reference frequency generator 2b of RF circuit 2, and it becomes possible to prevent the lock blank of a career loop. The problem that this will spend a question at the time of long for re-prehension of a GPS Satellite can be prevented. And there is an advantage that it is conventionally realizable to composition with the easy composition which adds the arithmetic circuit 10.

[0027](Embodiment 2) Although the point with which the reception signal processing block 5 was equipped differs the memory 12 memorizable by a prescribed period from Embodiment 1, the digital IF signal which this embodiment carried out the down convert of the input signal in RF circuit 2 as shown in drawing 6, and was binary-ized with the analog-to-digital signal converter 3, The other composition is as common as Embodiment 1.

Therefore, the numerals same about common composition are attached, explanation is omitted, and only the composition and operation used as the feature of this embodiment are explained.

[0028]In Embodiment 1, the arithmetic circuit 10 for every millisecond from the career loop discriminator 58a By the way, a prescribed period. By (for example, for 10 milliseconds) reading phase contrast  $\theta_{err}$ , in quest of inclination  $d\theta_{err}/dt$  of phase contrast  $\theta_{err}$ , if the absolute value of inclination is larger than the threshold  $w_{th}$  as compared with the threshold  $w_{th}$ , The control signal  $N_{ca}$  was changed, the frequency of the replica career  $f_{ca}$  was changed, and the grade of inclination  $d\theta_{err}/dt$  of phase contrast  $\theta_{err}$  is again judged in the following 10 milliseconds.

[0029]In this embodiment, in the memory 12 provided in the reception signal processing part lock 5, on the other hand, predetermined time. (For example, 100 milliseconds) The inside of the data of a digital IF signal in which only the part was stored, Although the frequency and the phase of the replica career  $f_{ca}$  are doubled with the frequency and the phase of a carrier component of a digital IF signal by the procedure explained by Embodiment 1 using the data for 10 milliseconds of the beginning, The data stored in the memory 12 is used for calculation of inclination  $d\theta_{err}/dt$  of phase contrast  $\theta_{err}$  of the 2nd henceforth. Therefore, by once storing the data of a digital IF signal in the memory 12, Using the data which could use the data for 10 milliseconds of the beginning any number of times, and was stored in the memory 12 also at the time of prehension of a GPS Satellite by changing the frequency of the replica career  $f_{ca}$ , and the phase of a code one by one. For example,  $I_{PS}^2 + Q_{PS}^2$  can look for the control signal  $N_{caNcd}$  of the object for careers which becomes beyond constant value, and the numerical control oscillators 51 and 53 for codes. Even when frequency is changed once being able to take a carrier synchronization, it is possible to double the frequency and the phase of the replica career  $f_{ca}$  with an input signal using the data of the digital IF signal at the time of change being seen. It enables this to restore to all the received GPS signals as navigation data. The digital IF signal stored in the memory 12 may not be limited to a part for for 100 milliseconds, and may be time longer than this or short.

[0030]According to this embodiment, it is quicker than doubling the frequency and the phase of the replica career  $f_{ca}$  with the frequency and the phase of a carrier component of a digital IF signal in real time like Embodiment 1 as mentioned above, It becomes possible to shorten time until it can take the synchronization with the carrier component of an input signal, it can moreover recover all the input signals from the input signal (digital IF signal) first stored in the memory 12 as navigation data and it outputs position information as a result.

[0031]By the way, when calculating inclination  $d\theta_{err}/dt$  of phase contrast  $\theta_{err}$  by the arithmetic circuit 10 in Embodiment 1 or Embodiment 2, As shown in drawing 7 (a), when the data in which values differ greatly is contained in the data of phase contrast  $\theta_{err1}$  for 10 milliseconds -  $\theta_{err10}$ , There is a possibility that it may become impossible for an error to become large if it inclines including such data and  $d\theta_{err}/dt$ , and average value  $\text{sigmathetaerr} / 10$  are computed, or to compute inclination  $d\theta_{err}/dt$ . Then, data with the larger change part  $\text{deltathetaerr}$  with the data of just before and an immediately after than predetermined value  $\theta_{tar}$ , For example, if the data of  $\theta_{err3}$  set to  $\text{deltathetaerr3} > \theta_{tar}$  and  $\text{deltathetaerr4} > \theta_{tar}$  in drawing 7 (a) is removed, it inclines and  $d\theta_{err}/dt$  and average value  $\text{sigmathetaerr} / 10$  are computed, As shown in drawing 7 (b), inclination  $d\theta_{err}/dt$  of suitable phase contrast  $\theta_{err}$ , and average value  $\text{sigmathetaerr} / 10$  can be computed, and it becomes possible to take a carrier synchronization more quickly as a result.

[0032]

[Effect of the Invention]The invention of claim 1 is a demodulation method of the GPS signal which recovers navigation data from the input signal received from the GPS Satellite, When synchronizing with the carrier component of an input signal the replica career which made frequency variable, Since the frequency of a replica career is made to change so that inclination of the phase contrast of the carrier component of an input signal

and the frequency of a replica career may be computed for every predetermined time and the absolute value of this inclination may be made small, Detect the carrier component of an input signal, and the phase contrast of a replica career, and it not only doubles both frequency, but, In order to supervise the gap of frequency expressed with inclination of phase contrast simultaneously with phase contrast and to double the frequency of a replica career with the frequency of the carrier component of an input signal, It can follow in footsteps of big change of the carrier frequency produced when an input signal is sharply changed by the reflection from a building, etc., fluctuation of the reference frequency for changing into an intermediate frequency signal, It becomes possible to prevent the lock blank of a career loop, and is effective in the ability to prevent the problem that this will spend a question at the time of long for re-prehension of a GPS Satellite.

[0033]In the GPS receiving set which recovers navigation data from the input signal which the invention of claim 2 received from the GPS Satellite, The intermediate frequency conversion method which changes into an intermediate frequency signal the GPS signal received with the antenna, An analog-to-digital conversion means to binary-ize the intermediate frequency signal of an analog and to change into a digital intermediate frequency signal, The numerical control oscillator for careers which generates a replica career, and the rectangular frequency converter which carries out rectangular frequency conversion of the digital intermediate frequency signal to an in-phase signal and a rectangular signal with a replica career, The code synchronous means which generates the code in sync with a pseudo noise code peculiar to each GPS Satellite contained in an input signal, Where a code synchronization is able to be taken, while computing the phase contrast for every unit time of an in-phase signal and a rectangular signal, inclination of phase contrast is computed for every prescribed period, Since it had the control means which generates the control signal for changing the frequency of a replica career, and controls the numerical control oscillator for careers so that the absolute value of inclination of phase contrast might be made small, detect the carrier component of an input signal, and the phase contrast of a replica career, and it not only doubles both frequency, but, In order to supervise the gap of frequency expressed with inclination of phase contrast simultaneously with phase contrast and to double the frequency of a replica career with the frequency of the carrier component of an input signal, It can follow in footsteps of big change of the carrier frequency produced when an input signal is sharply changed by the reflection from a building, etc., fluctuation of the reference frequency for changing into an intermediate frequency signal, It becomes possible to prevent the lock blank of a career loop, the problem that this will spend a question at the time of long for re-prehension of a GPS Satellite can be prevented, and it is effective in moreover being conventionally realizable to composition by the easy circuitry which adds few circuits.

[0034]The invention of claim 3 is provided with the memory which stores the digital intermediate frequency signal for predetermined time in the invention of claim 2, and a control means generates a control signal from the data of the digital intermediate frequency signal stored in the memory, and since, It is quicker than doubling the frequency and the phase of a replica career with the frequency and the phase of a carrier component of a digital intermediate frequency signal in real time, It is effective in becoming possible to shorten time until it can take the synchronization with the carrier component of an input signal, it can moreover recover all the input signals from the digital intermediate frequency signal first stored in the memory as navigation data and it outputs position information as a result.

[0035]In claim 2 or the invention of 3, the invention of claim 4 a control means, Since inclination and average value are computed by removing the data of the phase contrast whose variation with the data of the phase contrast of order is beyond a predetermined value among the data of the phase contrast computed for every unit time, Inclination of suitable phase contrast can be computed and it is effective in becoming possible to take a carrier synchronization more quickly as a result.

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a block diagram showing the important section of Embodiment 1.

[Drawing 2] It is an explanatory view of operation same as the above.

[Drawing 3] It is a flow chart for explanation [ same as the above ] of operation.

5 [Drawing 4] It is an explanatory view of operation same as the above.

[Drawing 5] It is an explanatory view of operation same as the above.

[Drawing 6] It is a block diagram showing the important section of Embodiment 2.

[Drawing 7] It is an explanatory view of operation same as the above.

[Drawing 8] It is a block diagram showing the entire configuration of the conventional GPS receiving set.

10 [Drawing 9] It is a block diagram showing a reception signal processing block same as the above.

[Drawing 10] It is a block diagram showing a digital disposal circuit same as the above.

[Description of Notations]

5 Reception signal processing block

10 Arithmetic circuit

15 11 Adding machine

51 The numerical control oscillator for careers

52 A rectangular frequency converter

56 EXOR circuit

57 Integrator

20 58 Digital disposal circuit

58a Career loop discriminator

---

[Translation done.]